

利用 ArcGIS 的全国城市土地集约 节约利用空间变异分析

王亚娜¹, 谢宏全¹, 李凤玲², 梅雪琴¹, 刘付程¹

(1.江苏海洋大学 测绘与海洋信息学院,江苏 连云港 222005; 2.苏州工业园区测绘地理信息有限公司,江苏 苏州 215000)

摘要:城市土地集约节约利用是解决经济社会发展中土地供需矛盾的主要途径。利用 ArcGIS 10.2 软件的空间统计功能与地统计模块,得到 2018 年全国 273 个参评地级城市的土地集约节约利用综合指数的空间分布特征图与变化趋向图,并分析探讨其空间变异特征。研究表明:1) 中国 273 个地级参评城市土地集约利用点中心在河南省信阳市,而各省的中心点大多在其省会城市,少数在其余城市;2) 试验区地级城市土地集约利用整体扩散方向特征为由西南向东北,各类别的地理分布的扩散方向特征基本遵循此规则;3) 城市集约可发展的潜力也是越远离沿海城市越高;4) ArcGIS 能够对城市土地集约节约利用的空间分布得到直观结果,且能够实现属性数据与空间属性数据的关联。

关键词:城市土地集约利用;空间变异分析;地统计分析;GA;克里金插值法

中图分类号: P208

文献标识码: A

文章编号: 1672-5867(2020)12-0032-03

Spatial Variation Analysis of Intensive and Economical Utilization of Urban Land in China Using ArcGIS

WANG Yana¹, XIE Hongquan¹, LI Fengling², MEI Xueqin¹, LIU Fucheng¹

(1.School of Surveying and Mapping and Marine Information, Jiangsu Ocean University, Lianyungang 222005, China;

2.Suzhou Industrial Park Surveying and Mapping Geographic Information Co. Ltd., Suzhou 215000, China)

Abstract: Intensive and economical utilization of urban land is the main way to solve the contradiction between land supply and demand in the economic and social development. Using the spatial statistical function and land statistical module of ArcGIS 10.2 software, the spatial distribution characteristic map and change trend map of land intensive and economical utilization comprehensive index of 273 participating prefecture level cities in 2018 are obtained, and the spatial variation characteristics are analyzed and discussed. The results show that: (1) the centers of 273 participating cities are in Xinyang City, Henan Province, while the centers of each province are mostly in its capital cities, a few in other cities; (2) the overall diffusion direction of land intensive use in the pilot area is from southwest to northeast, and the diffusion direction of various geographical distribution basically follows this rule; (3) urban intensive use can be The development potential is also higher away from coastal cities; (4) ArcGIS can get intuitive results on the spatial distribution of urban land conservation and intensive use, and can realize the correlation between attribute data and spatial attribute data.

Key words: urban land intensive use; spatial variability analysis; geostatistical analysis; GA; Kriging interpolation method

0 引 言

地统计学起源于 20 世纪 60 年代,是基于采样点立空间相互关联的随机变量模型,并用该模型估计未采样点的属性值^[1],是以区域化变量为基础,借助变异函数研究

具有空间相关性和依赖性的地理现象,对样本数据进行最优无偏内插估计,模拟地理现象空间分布的相关性和变异性的统计分析法^[2]。它的优点是既能很好地解释自然与人为活动对空间变异的影响,又能揭示随机变量在空间上的分布与变异还有相关特征^[3]。而地统计学最显

收稿日期: 2019-12-09

基金项目: 国家自然科学基金项目(41976187)资助

作者简介: 王亚娜(1994-),女,新疆呼图壁人,测绘工程专业硕士研究生,主要研究方向为数字城市空间信息采集与处理。

著的特点就是在研究区域内每一点都会被内插一定的值。

随着 GIS 技术的应用领域越来越广泛,对土地集约利用空间分布特征的研究也被学者们广泛关注^[4-8]。而地统计学作为分析空间分异性及其规律的有效手段,可以应用在土壤养分^[3,9]、农业发展^[10]、商品住宅价格^[11]以及土地集约利用等空间分析上。如董大伟^[12]结合空间数据挖掘技术与地统计技术对武汉城市圈空间分布差异特征与规律进行分析研究,其分析是基于假设武汉每个县市的土地集约利用均匀分布,没有考虑实际各个县市的土地集约利用程度。苏斌^[13]利用 GIS 技术构建城市地价与土地集约利用数据,没有对土地集约利用的空间分布特征进行分析研究。

ArcGIS 8.0 及其以后的版本将地统计学单独作为一个分析扩展模块(Geostatistical Analyst,简称 GA 模块)集成到 ArcGIS 软件的框架体系结构中,这是 ArcGIS 软件的一大特色^[2]。试验利用 ArcGIS 10.2 软件,分别使用空间统计模块与地统计模块,将国家自然资源部发布的全国参评的地级及以上城市区域建设用地节约集约利用综合指数数据作为样点数据,分析其空间分异性与变化规律。

1 数据来源与研究方法

1.1 数据来源

为了确保数据的准确性与权威性,试验数据的属性表来源于 2018 年国家自然资源部发布的《全国城市区域建设用地节约集约利用评价情况通报》一文(以下简称《评价通报》),文中根据城市行政等级分了地级及以上,县级两个城市级别,试验采用的是 273 个地级及以上城市的建设用地节约集约利用综合指数。空间属性使用的是 2013 年全国电子地图中的省与市的矢量图,采用 Krasovsky_1940_Albers 坐标系。图 2、图 3、图 4 均基于自然资源部标准地图服务网站下载的审图号为 GS (2019) 1823 号的标准地图制作,底图无修改。

1.2 研究方法

1.2.1 空间聚类分析

1) 全国城市区域建设用地节约集约利用综合指数分级

将试验区土地集约利用综合指数值在《评价通报》的分类(分三类)基础上细分为六类。其中,一类城市土地集约利用程度最高,二类次之,六类土地集约利用程度最低,综合指数均不到 15。分类标准与各类别城市个数见表 1。空间分布状况如图 1 所示。

表 1 全国参评城市土地集约利用综合指数分类情况表
Tab.1 Comprehensive index classification of urban land intensive use in China

类别	一类	二类	三类	四类	五类	六类
区间值	[60,100]	[50,60)	[36,50)	[25,36)	[15,25)	[0,15)
城市数量(个)	2	7	47	133	81	3

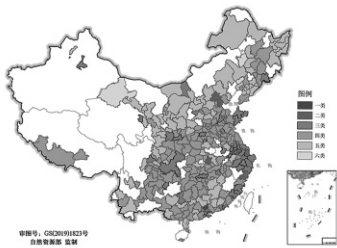


图 1 全国参评城市土地集约利用综合指数分类空间分布图
Fig.1 Comprehensive index classification spatial distribution map of urban land intensive use in China

2) 全国参评城市区域建设用地节约集约利用综合指数空间聚类性分析

Ripley's K 函数可表明要素质心的空间聚集或空间扩散在邻域大小发生变化时是如何变化的。试验采用 ArcGIS 10.2 的 Ripley's K 函数来测定其是否具有空间聚类性。由图 2 可知, K 观测值大于 K 预期值,且 K 观测值大于 HiConfEnv 值,所以试验数据具有空间聚类性,且具有统计显著性。

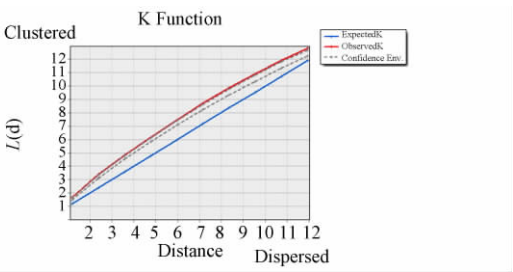


图 2 多距离空间聚类分析
Fig.2 Multi-distance spatial clustering analysis

1.2.2 分布中心与方向性分析

1) 分布中心。一个点数据集的中位数中心,是分别求出点数据集中所有点的 X 值及 Y 值的中位数。在 ArcGIS 平台中,Mean Center 与 Median Center 工具都可以用来计算数据的地理中心趋势,但为了防止空间范围边缘一些权重比较低的要素令中心发生移动,试验采用 Median Center 工具计算试验区域的地理中心趋势。

2) 分布方向性。创建标准差椭圆可以分析试验区域数据的空间特征,即其中心趋势、离散以及方向趋势。输出结果中长轴可以反映离散程度较大的方向,短轴可以反映聚集程度较高的方向。试验运用 ArcGIS 10.2 中的 Directional Distribution 工具,对试验区地级城市土地集约利用整体与各类别的地理分布的方向性进行研究分析。

1.2.3 地统计分析

试验假设中国这 31 个参评省(直辖市)各地级单元土地集约利用水平在空间上是连续分布变化的。基于此假设,试验将地统计学中的克里金插值法引入到土地集约利用时空分异研究中来,在 ArcGIS 10.2 平台基础之上,尝试探讨中国地级与地级以上城市土地集约利用水平的增长极与变化趋向,并预测未来的发展方向。

1) 检查样本数据分布情况

克里金插值法是建立在平稳假设基础上,这种假设在一定程度上要求所有数据具有相同的变异性,需要假设数据成正态分布。因此,试验运用 GA 模块下探索性分析中的直方图工具,对试验数据进行分布监测。如图 3 所示可明显看出,实验数据经过 Box-Cox 变换后,符合正态分布。

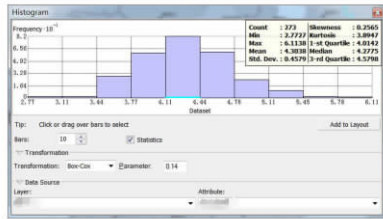


图 3 多距离空间聚类分析

Fig.3 Histogram of comprehensive index for intensive use of cities in China

2) 克里金插值分析

克里金法 (Kriging) 也称空间局部估计或空间局部插值,是地统计学两大主要内容之一。其实质是利用区域化变量的原始数据和变异函数的结构特点,对未采样点的区域化变量的取值进行线性无偏最优化估计的一种方法。它的优点是比普通平均法的估值精度高,可以避免系统误差的出现,给出估计误差和精度^[2]。此次试验采用普通克里金插值法,其计算公式为:

$$Z(X_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(X_i) \quad (1)$$

公式(1)中 $Z(X_0)$ ($i=0,1,2,3,\dots,n$) 为采样点 X_i 的值, X_0 为未知采样点,其他为已知采样点, λ_i 为权重系数,此处的权重系数依赖于变异函数的计算结果,而不是简单由距离来决定。

2 结果与分析

2.1 空间分布特征分析

1) 空间分布中心趋势分析结果。采用 Median Center 工具计算试验区域的地理中心趋势,由图 4 可知:中国 31 个参评省(直辖市)土地集约利用的地理分布趋势中心在河南省信阳市,而各省的中心点大多在其省会城市,如陕西、山西、甘肃、新疆、青海、西藏、云南、贵州等省;也有不是省会城市的,如浙江中心点在绍兴,广东中心点在东莞等。

2) 分布方向趋势分析结果。运用 ArcGIS 10.2 中的 Directional Distribution 工具,分析试验区地级城市土地集约利用整体与各类别地理分布的扩散方向特征,由图 5 可知:六类的长轴从甘肃的酒泉市到黑龙江省的牡丹江市,贯穿(也仅限)中国北部;五类的长轴从云南省的曲靖市到内蒙古的通辽市,从中国的西南到东北;四类的长轴从广西的百色市到山东烟台市,亦是从中国西南至东北区域;三类椭圆长轴从甘肃平凉到浙江温州,从西北越至东南;二类长轴从天津到福建莆田市,由北至南;一类因

为在沿海的广东深圳与广州,只两个样点,又距离相近,故未生成方向椭圆。



图 4 全国城市集约利用综合指数分布中心图
Fig.4 Distribution center map of comprehensive index of intensive use of cities in China

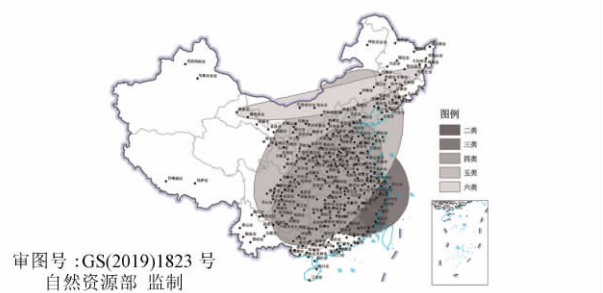


图 5 全国城市集约利用综合指数方向趋势图
Fig.5 Trend chart of comprehensive index of urban intensive utilization in China

2.2 空间演变分析

根据试验数据特点,按照克里金插值法的适用条件,应用 GA 模块的 Ordinary Kriging 功能,对试验区 273 个地级以上城市的综合指数数据进行插值分析。由图 6 可知:从区域内整体上的空间差异来看,中国城市土地集约利用武汉城市圈土地集约利用空间特征为由东南地区沿海城市为内圆弧,随着圆弧一圈圈向外扩展,土地集约利用水平依次递减,北京天津除外;从全国参评城市土地节约集约利用等高线图分布梯度来看,广东、福建、浙江、江苏等中国沿海城市的土地集约利用水平远高于其他地区城市,属于高梯度;城市集约可发展的潜力也是北方、西方最高,中部、南方次之,沿海城市土地利用集约较完善,需改善的地方最少。

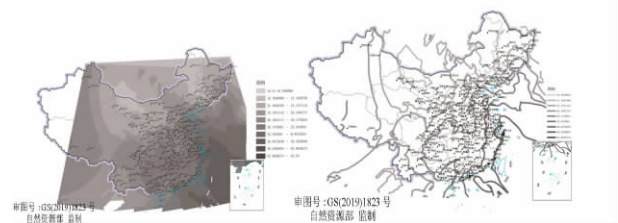


图 6 全国参评城市内插结果图与等值线图
Fig.6 National participating cities interpolation result map and isoline Map

(下转第 37 页)

讨论。

1) 水平角为左角 $\beta_{\text{左}}$

将公式(3) — (5) 中的左角计算公式合并为 $\alpha_{\text{前}} = \alpha_{\text{后}} + \beta_{\text{左}} \pm 180^\circ$, 公式中“ \pm ”号取决于“ $\alpha_{\text{后}} + \beta_{\text{左}}$ ”的大小。当 $\alpha_{\text{后}} + \beta_{\text{左}} < 180^\circ$ 时取“+”号, 当 $\alpha_{\text{后}} + \beta_{\text{左}} > 180^\circ$ 时取“-”号, 这样可保证所求 $\alpha_{\text{前}}$ 的角值大小介于 0° — 360° 区间。

公式(6) 中的左角计算公式 $\alpha_{\text{前}} = (\alpha_{\text{后}} + \beta_{\text{左}} - 180^\circ) - 360^\circ$, 即当前后导线间位置关系如图 7 所示情形时, $\alpha_{\text{后}} + \beta_{\text{左}} - 180^\circ$ 计算的角值大于 360° , 此时需在计算结果基础上再减 360° 作为最终结果 $\alpha_{\text{前}}$ 。

2) 水平角为右角 $\beta_{\text{右}}$

公式(3) 、(5) 、(6) 中的右角计算公式合并为 $\alpha_{\text{前}} = \alpha_{\text{后}} - \beta_{\text{右}} \pm 180^\circ$, 公式中“ \pm ”号取决于“ $\alpha_{\text{后}} - \beta_{\text{右}}$ ”的大小。当 $\alpha_{\text{后}} - \beta_{\text{右}} < 180^\circ$ 时取“+”号, 当 $\alpha_{\text{后}} - \beta_{\text{右}} > 180^\circ$ 时取“-”号, 这样可保证所求 $\alpha_{\text{前}}$ 的角值大小介于 0° — 360° 区间。

公式(4) 中的右角计算公式 $\alpha_{\text{前}} = (\alpha_{\text{后}} - \beta_{\text{右}} + 180^\circ) + 360^\circ$, 即当前后导线间位置关系如图 5 所示情形时, $\alpha_{\text{后}} - \beta_{\text{右}} + 180^\circ$ 计算的角值小于 0° , 此时需在计算结果基础上再加 360° 作为最终结果 $\alpha_{\text{前}}$ 。

4 结束语

本文通过相邻导线间的 4 种不同的位置关系, 推导出沿着导线前进方向, 根据后一条导线边坐标方位角求前一条导线边坐标方位角的通用计算公式

$$\alpha_{\text{前}} = \alpha_{\text{后}} \pm \beta_{\text{左}} \pm 180^\circ [\pm 360^\circ] \quad (7)$$

公式的应用方法归结如下:

1) 根据已知数据 $\alpha_{\text{后}}$ 以及外业观测数据 $\beta_{\text{左}}$ (或 $\beta_{\text{右}}$) 计

算 $\alpha_{\text{后}} + \beta_{\text{左}}$ (或 $\alpha_{\text{后}} - \beta_{\text{右}}$)。

2) 当 $\alpha_{\text{后}} + \beta_{\text{左}} < 180^\circ$ (或 $\alpha_{\text{后}} - \beta_{\text{右}} < 180^\circ$) 时, 利用公式 $\alpha_{\text{前}} = \alpha_{\text{后}} + \beta_{\text{左}} + 180^\circ$ (或 $\alpha_{\text{前}} = \alpha_{\text{后}} - \beta_{\text{右}} + 180^\circ$) 计算 $\alpha_{\text{前}}$; 当 $\alpha_{\text{后}} + \beta_{\text{左}} > 180^\circ$ (或 $\alpha_{\text{后}} - \beta_{\text{右}} > 180^\circ$) 时, 利用公式 $\alpha_{\text{前}} = \alpha_{\text{后}} + \beta_{\text{左}} - 180^\circ$ (或 $\alpha_{\text{前}} = \alpha_{\text{后}} - \beta_{\text{右}} - 180^\circ$) 计算 $\alpha_{\text{前}}$ 。

3) 若 2) 中计算结果为大于 360° 的数值, 在其基础上减 360° 作为所求前一条导线边坐标方位角的最终结果, 若 2) 中计算结果为小于 0° 的数值, 在其基础上加 360° 作为所求前一条导线边坐标方位角的最终结果。

参考文献:

- [1] 黄雅. 高密度建筑区图根控制测量方法探讨 [J]. 智能建筑与智慧城市, 2019(5): 121-123.
- [2] 张继贤, 肖雨彤. 仙泉煤矿井下导线网设计与测量成果分析 [J]. 煤炭工程, 2019, 51(5): 163-167.
- [3] 梁继利. 导线测量在东乌珠穆沁旗矿区的应用 [J]. 内蒙古煤炭经济, 2015(7): 200-201.
- [4] 杨朝辉. 导线测量中起始坐标方位角的计算新方法 [J]. 测绘与空间地理信息, 2012, 35(6): 13-14, 18.
- [5] 陈伟标, 陈树镇. 测量学教材中存在的若干问题探讨 [J]. 广东水利电力职业技术学院学报, 2011, 9(3): 67-69.
- [6] 王金玲. 方位角推算问题的探讨 [J]. 长江水利教育, 1995(1): 25-27.
- [7] 李福纪. 坐标方位角推算公式新议 [J]. 中州大学学报, 1991(Z1): 84-85.

[编辑: 张 曦]

(上接第 34 页)

3 结束语

此次试验利用 ArcGIS10.2 平台, 采用空间统计分析全国参评地级城市土地集约利用综合指数的空间分异特征, 经过 Box-Cox 变换的克里金插值分析其变化规律, 并进行评估预测全国参评地级城市的土地集约利用潜力, 实现了属性数据与空间数据的链接, 证明并探讨了中国城市土地集约利用水平的空间分布特征。但是对 GIS 在城市土地集约利用作用研究还不够深入, 未来研究还应选取一个城市区域进行实证研究, 以构建 GIS 支持下的城市土地集约利用水平评价标准与系统, 实现一键操作, 图表并进 (属性数据关联空间数据) 的可行性, 更好地为城市规划合理配置城市土地资源, 提供直观、可靠的依据。

参考文献:

- [1] 孙英君, 王劲峰, 柏延臣, 等. 地统计学的 GIS 空间分析功能扩展 [J]. 华侨大学学报 (自然科学版), 2004, 25(4): 435-439.
- [2] 李俊晓, 李朝奎, 殷智慧. 基于 Arc GIS 的克里金插值方法及其应用 [J]. 测绘通报, 2013(9): 87-97.
- [3] 王婷, 钱晓霞, 张雪, 等. 基于 GIS 与地统计的庄浪县土壤养分空间变异研究 [J]. 河南农业, 2019(14): 57-59.
- [4] 阿依妮尔尔·艾尔肯. 喀什市耕地集约利用时空变化

特征分析 [D]. 乌鲁木齐: 新疆大学, 2019.

- [5] 殷绪华, 朱亮, 陈琳, 等. Arc GIS 在水源地污染源强度空间分析中的应用 [J]. 河海大学学报 (自然科学版), 2018, 46(5): 395-401.
- [6] 庞晓兰, 叶宗达, 韦燕飞, 等. 广西国家级贫困县土地集约利用空间分异特征研究 [J]. 大众科技, 2017, 19(8): 35-39.
- [7] 成洁. 基于地统计学的陕西县域耕地质量空间变异研究 [D]. 西安: 长安大学, 2017.
- [8] 路振华. 城市土地集约利用评价研究综述 [J]. 国土资源科技管理, 2017, 34(6): 44-53.
- [9] 郭安廷, 崔锦霞, 许鑫, 等. 基于 GIS 与地统计的土壤养分空间变异研究 [J]. 中国农学通报, 2018, 34(23): 72-79.
- [10] 胡江霞, 文传浩. 基于地统计分析的三峡库区农业发展的空间分布特征研究 [J]. 河南农业大学学报, 2016, 50(2): 248-253.
- [11] 陈真, 刘辉. 福州市住宅价格空间分布趋势及其特征研究 [J]. 亚热带资源与环境学报, 2015, 10(4): 58-62.
- [12] 董大伟. 基于空间数据挖掘和地统计学的土地集约利用时空分异研究 [D]. 武汉: 华中师范大学, 2011.
- [13] 苏斌. GIS 支持下的城市地价空间分布与土地集约利用研究 [D]. 郑州: 信息工程大学, 2010.

[编辑: 刘莉鑫]